

# Rodzina betonów – geneza pojęcia, terminologia, kryteria, ogólne zasady kreacji

Dr inż. Zdzisław B. Kohutek, AGH Kraków, Stowarzyszenie Producentów Betonu Towarowego w Polsce

## 1. Wprowadzenie

W roku 2003 opublikowano normę europejską dla betonu w języku polskim, nadając jej symbol PN-EN 206-1 i tytuł „Beton – cz. 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność” [11].

W porównaniu do rozwiązań normalizacyjnych poprzedniej generacji (norma PN-B/88-06250 „Beton zwykły”) kładzie ona nacisk m.in. na ochronę strukturalną betonu w konstrukcji przed agresją ze strony środowiska, rewolucjonizując w ten sposób podejście do kwestii trwałości materiału. Dzieli kompetencje i odpowiedzialność za jakość betonu między specyfikującego (projektanta konstrukcji betonowej), producenta mieszanki betonowej oraz wykonawcę robót budowlanych, czego dotychczas brakowało. Rozbudowuje klasyfikacje właściwości betonu – po to, aby pogłębić skuteczność zestawień recepturowych betonu oraz rozszerzyć ich paletę asortymentową. Umożliwia zastępstwo części wsadu cementowego CEM I lub CEM II/A (z wyjątkami) ekwiwalentem popiołu lotnego lub pyłu krzemionkowego podczas produkcji betonu, dając szansę odciążenia środowiska poprzez zagospodarowanie wymienionych odpadów. Oczekuje od producenta przyswojenia nowoczesnych, ściśle określonych procedur kontroli produkcji, oferując w zamian minimaliza-

cję ryzyka wystąpienia niezgodności oraz tryb szybkiej identyfikacji przeszkód utrzymania jakości. Wdrożenie normowego systemu kontroli produkcji, zwłaszcza pod obiektywnym nadzorem z zewnątrz, rozwiązuje problem zapewnienia jakości klientowi, zwalniając go z konieczności sprawdzania, czy na pewno dostarczono mu beton zgodny z zamówieniem.

Integralnym, niezwykle istotnym elementem kontroli produkcji jest systematyczna kontrola zgodności, prowadzona z wykorzystaniem aparatu statystycznego. Podlegają jej normowe właściwości betonu – parametry, które da się zmierzyć, oznaczyć laboratoryjnie. W przypadku mieszanki betonowej są nimi: konsystencja, gęstość betonu ciężkiego lub lekkiego, współczynnik  $w/c$ , zawartość cementu, zawartość powietrza w napowietrzanej mieszance betonowej oraz zawartość chlorków. W przypadku zaś stwardniałego betonu chodzi przede wszystkim o wytrzymałość charakterystyczną na ściskanie  $f_{ck}$  oraz wytrzymałość charakterystyczną na rozciąganie przy rozłupywaniu  $f_{tk}$ .

Z uwagi na kluczową rangę wytrzymałości w gwarantowaniu bezpieczeństwa konstrukcji (realizacja obliczeń inżynierskich bez przekraczania stanów granicznych nośności, stateczności, odporności na rysy itd.), w normie PN-EN 206-1 rozbudowano osobne postę-

powanie odnośnie oceny zgodności  $f_{ck}$  i  $f_{tk}$ .

W szczególny sposób potraktowano zgodność wytrzymałości na ściskanie, przydzielając jej aż 3 procedury obliczeniowo-sprawdzające i 3 normowe kryteria odniesienia, z rozbiciem na produkcję początkową (tzn. trwającą do czasu zgromadzenia minimum 15 wyników badań, lecz w serii – nie mniej niż 3 wyniki) oraz produkcję ciągłą (tzn. po osiągnięciu 15 wyników w ciągu serii badań).

W tabeli 1 –  $\sigma$  oznacza odchylenie standardowe populacji,  $f_{cm}$  – wytrzymałość średnią, a  $f_{ci}$  – wytrzymałość danej próbki.

Zastrzeżono, że dwie ścieżki łącznie („Kryterium 1” + „Kryterium 2”) odnoszą się do toku weryfikowania zgodności pojedynczego asortymentu betonu, natomiast trzy ścieżki łącznie („Kryterium 1” + „Kryterium 2” + „Kryterium 3”) – dla toku weryfikowania zgodności tzw. rodziny betonów (rys. 1).

Pochodzenie i znaczenie pojęcia „rodziny betonów” objaśniono w punktach 2 i 3, natomiast ogólne zasady formułowania – w punkcie 4 (poniżej).

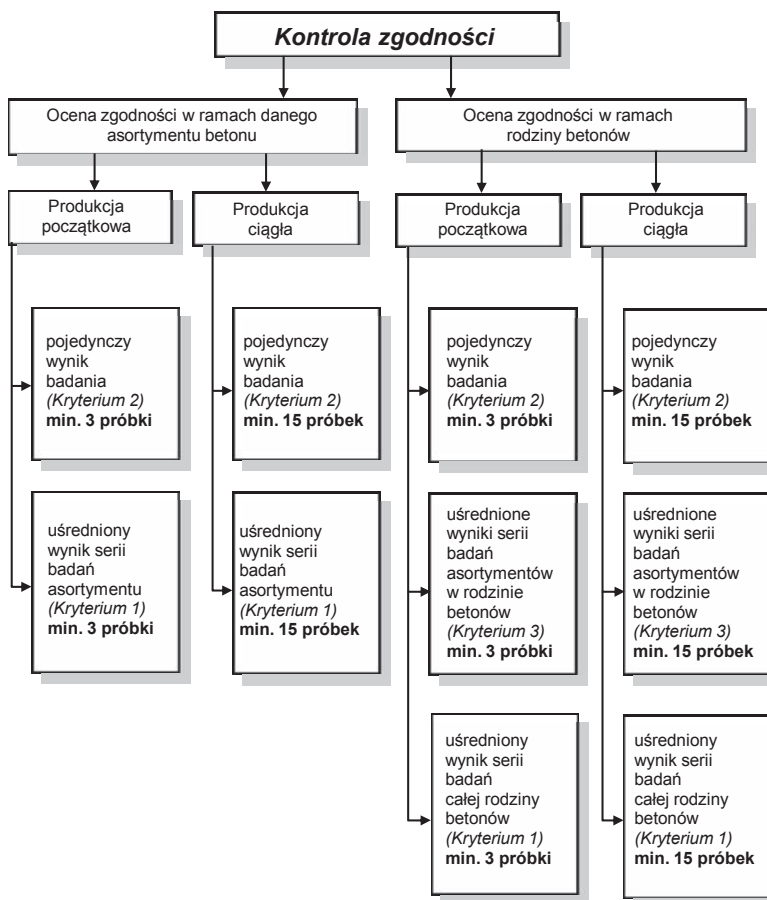
Według normy europejskiej [11] „Kryterium 3” obejmuje wiersze Lp.: do 1 do 5a w tabeli 2. R. Böing [2] uznaje także kryterium  $f_{cm} \geq f_{ck} + 3,0$  za ważne dla liczby wyników  $6 \div 14$  (tak jak w wierszu – Lp. 5b). Ten sam autor rozbudowuje tabelę 2 o wiersz Lp. 6 (przy założe-

**Tabela 1.** „Kryterium 1” i „Kryterium 2” dla oceny zgodności wytrzymałości na ściskanie – wg [11]

Faza produkcji	Liczba <i>n</i> wyników badania wytrzymałości na ściskanie w zbiorze	Kryterium 1	Kryterium 2
		dotyczy: średniej z <i>n</i> wyników $f_{cm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	dotyczy: każdego, pojedynczego wyniku badania $f_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Początkowa	3	$f_{cm} \geq f_{ck} + 4$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$
Ciągła	15	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma$	$f_{ci} \geq f_{ck} - 4$

**Tabela 2.** „Kryterium 3” potwierdzające przynależność do rodziny betonów – wg [1, 2, 6, 11]

Lp.	Liczba <i>n</i> wyników badania wytrzymałości na ściskanie	Kryterium 3
		dotyczy: średniej z <i>n</i> wyników $f_{cm}$ dla pojedynczego betonu z rodziny (N/mm <sup>2</sup> )
1	2	$f_{cm} \geq f_{ck} - 1,0$
2	3	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,0$
3	4	$f_{cm} \geq f_{ck} + 2,0$
4	5	$f_{cm} \geq f_{ck} + 2,5$
5a	6	$f_{cm} \geq f_{ck} + 3,0$
5b	6 ÷ 14	$f_{cm} \geq f_{ck} + 3,0$
6	≥ 15	$f_{cm} \geq f_{ck} + 1,48 \sigma$



**Rys. 1.** Schemat blokowy kontroli zgodności wytrzymałości na ściskanie, z potwierdzeniem przynależności do rodziny betonów [1, 2]

niu, że odchylenie standardowe  $\sigma$  spełnia warunek nierówności:  $\sigma \geq 3,0$  N/mm<sup>2</sup>). Obydwa wymienione rozszerzenia zapisane są również w niemieckim aneksie do normy europejskiej DIN 1045-2 [6].

Kiedy postępowania nawiązujące do „Kryterium 1” i do „Kryterium 2” zostały przez normę [11] w miarę wyczerpująco przedstawione, umożliwiając monitorowanie zgodności wytrzymałości na ściskanie danego asortymentu (tzn. konkretnej receptury) produkowanego w określonym przedziale czasu (np. kilku – kilkunastu tygodni lub dłużej, lecz nie więcej niż 12 miesięcy), to brakuje instrukcji tworzenia rodziny betonów, jak też uzasadnienia celu tego postępowania.

W Polsce, jak dotychczas, niewiele publikacji podnosiło temat oceny zgodności parametrów betonów z nawiązaniem do kryteriów odniesienia. Spośród nielicznych wymienić należy prace L. Brunarskiego [3, 4], gdzie zwięźle omawia podstawy statystyczne, na których oparte są współczesne procedury oceny zgodności (metoda wnioskowania statystycznego, metoda funkcji operacyjno-charakterystycznych oraz metoda wnioskowania Bayesowskiego), wskazując także na rozluźnienie nowych kryteriów zgodności, oraz pracą S. Wolińskiego [12], w której opisuje zasady statystycznej oceny jakości, z uwzględnieniem logiki rozmytej, alternatywne w stosunku do rozwiązań normowych. Ale żadne z wymienionych źródeł nie wyjaśnia reguł formowania rodziny betonów, ani nie tłumaczy też, z jakimi korzyściami i dla kogo się to wiąże, ewentualnie – z jakim ryzykiem niepowodzenia.

Dlatego, wypełniając w części istniejącą lukę w krajowym piśmiennictwie – po zdefiniowaniu i zinterpretowaniu pojęcia „rodziny betonów” oraz terminów związanych, w dalszych punktach niniejszego artykułu przedstawiono ogólnie zasady jej kreacji, biorąc pod uwagę doświadczenia zagraniczne.

## 2. Geneza pojęcia i jego odbiór

Pojęcie „rodzina betonów” tworzą dwa wyrazy. Pierwszy z nich to „rodzina” – termin, który głęboko tkwi w polskiej tradycji kulturowej i obyczajowości. W odczuciu powszechnym oznacza wspólnotę ludzką powiązaną węzłami pokrewieństwa.

Pojęcie „rodziny” przeniesione zostało m.in. przez biologów na określone zbiory fauny, np. rodzina bakterii, czy też przez językoznawców – na grupy języków o wspólnej genezie. Przeważnie chodzi więc o skupisko organizmów żywych lub abstrakt, uznany choćby umownie za ożywiony, ewoluujący, mający wspólne cechy.

Skąd więc w normie PN-EN 206-1 zwrot „rodzina betonów” w odniesieniu do masy z rodowodem mineralnym? Otóż wziął się on z przekładu na język polski angielskiego *family of concrete* [8] czy niemieckiego *Betonfamilie* [1, 2, 6], zapisanych w brukselskim wzorcu normy, tzn. w EN 206-1 [7]. Krajowy tłumacz mógł albo trzymać się kurczowo wiernej ekwiwalencji przekładu, albo użyć delikatniejszego odpowiednika, nie budzącego kontrowersji ani karkołomnych skojarzeń w odbiorze. Wybrał niestety wariant pierwszy z wymienionych, pomimo że Unia Europejska wcale nie narzuca obowiązku zachowania brzmienia z nawiązaniem do oryginału, szanując odrębność językową czy

mentalną swoich członków. Nacisk kładziony jest raczej na przekaz sensu, harmonię, trafność skojarzenia.

Pozytywny przykład dali Czesi, którzy w swoim wydaniu normy europejskiej ČSN EN 206-1 użyli sformułowania *soubor betonů* [10], czyli „zbiór betonów”. Jednak wówczas nie znalazło ono u nas uznania, podobnie zresztą jak analogiczna propozycja Autora – „grupa sortymentowa betonów” [9].

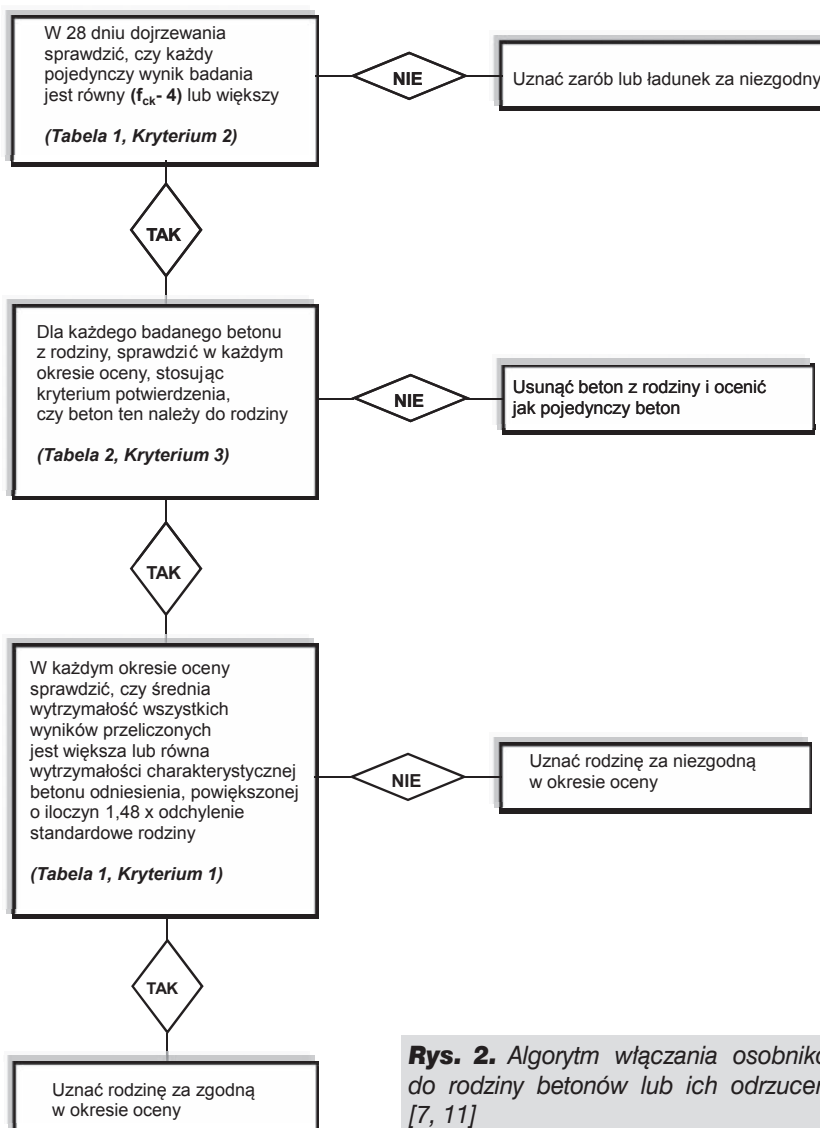
Można by tłumaczyć, że omawiany termin stworzono na potrzeby inżynierii betonu i przeznaczony jest głównie na użytek technologów i kontrolerów jakości. Jednak przy wyeksponowaniu go na zewnątrz – wcale nie ułatwi odbudowy wizerunku betonu, nadszarpniętego w latach 60., 70. i 80. ubiegłego wieku.

Ponieważ jednak wyrażenie „rodzina betonów” wpisane zostało do aktualnej, rządowej normy technicznej przedmiotu [11], krajowe środowisko inżynierów budownictwa jest więc i pozostaje na niego skazane.

## 3. Definicje, interpretacje i wytyczne dla kompletowania betonów w rodzinie

Norma europejska [11] na str. 12 mówi enigmatycznie o rodzinie betonów jako o „... grupie betonów, dla której ustalono i udokumentowano zależność pomiędzy odpowiednimi właściwościami ...”. Jak rozumieć sformułowanie „betony”, ujęcie przedmiotu w liczbie mnogiej? Czy chodzi o beton, który został kiedyś zabudowany w fundamentach budynku „X”, inny beton zabudowany w płycie mostu „Y”, i jeszcze inny, zabudowany jako posadzka hali fabrycznej „Z” itd., dla których poszukuje się obecnie jakichś powiązań, podobieństw czy analogii? Nie do końca.

Chodzi o fazę specyfikacji, fazę projektowania zestawu składników, fazę produkcji oraz fazę aplikacji betonu – do czasu, gdy tworzywo



Rys. 2. Algorytm włączania osobników do rodziny betonów lub ich odrzucenia [7, 11]

osiągnięciu właściwości narzucone przez konstruktora w projekcie budowlanym (np. wytrzymałość, mrozoodporność). Ale w tym samym okresie wytwórnia realizuje przecież zamówienia na beton dla innej budowy, być może z wykorzystaniem tego samego cementu czy tego samego kruszywa, lecz przy innej konsystencji mieszanki betonowej, z uzupełnieniem o składniki mineralne lub przy założeniu innej wytrzymałości projektowej. Zatem jest to skrót myślowy. W obrębie „rodziny” widzieć więc należy zbiór asortymentów towarowych betonu, z których każdy ma inną recepturę, a mimo tego łączy je jakiś analogiczny wyróżnik.

Pewnych informacji o „wspólnym mianowniku” dostarcza „Załącznik K” do normy [7, 11] oraz publikacja [2], z których wynika, że przy kompletowaniu rodziny betonów producent powinien wcześniej sprawdzić wszystkie właściwości „kandydatów”, a następnie wyselekcjonować te osobniki, które zestawiane są:

- z cementu tego samego rodzaju, tej samej klasy wytrzymałościowej i tego samego pochodzenia, lub
- z kruszywa tego samego pochodzenia geologicznego i tego samego gatunku, lub
- z udziałem podobnych dodatków typu II, lub
- z udziałem tych samych lub analogicznych domieszek redukujących wodę, ewentualnie – uplastyczniających, albo też – bez ich udziału,
- z uwzględnieniem pełnego zakresu klas konsystencji,
- i mieszczą się w ograniczonym przedziale klas wytrzymałości.

Źródło [1] sugeruje dodatkowo, aby dla potrzeb tworzenia rodzin, betony lekkie grupować w osobne zbiory. Doradza, aby zakres klas wytrzymałości dla betonów zwykłych dzielić co najmniej na 2 obszary, np. C8/10 ÷ C25/30 i C30/37 ÷ C50/60, a w przypadku betonów lekkich – np. na LC8/10 ÷ LC30/33 i LC35/38 ÷ LC50/55. Zwraca uwagę, że koncepcja

rodziny betonów nie przenosi się na betony wysokiej wytrzymałości.

Norma europejska [7, 11] przestrzega przed łączeniem w rodziny osobników zawierających dodatki mineralne typu II (np. popiół lotny, pucolany) z osobnikami bez ich udziału. Analogicznie zaleca, by asortymentów z plastyfikatorami lub superplastyfikatorami nie łączyć z asortymentami zawierającymi inne domieszki, np. domieszki przyspieszające lub opóźniające wiązanie czy domieszki napowietrzające. W tym przypadku wskazane jest raczej indywidualne traktowanie każdej receptury, tzn. z rozpatrzeniem zgodności tylko wg „Kryterium 1” i „Kryterium 2”. Za kruszywa podobne uznaje się te, które pochodzą z tego samego złoża i są tego samego rodzaju (np. łamane) lub podobnie zachowują się w betonie.

Norma [7, 11] zaleca ponadto, aby przed wdrożeniem formuły rodziny betonów lub przed jej rozszerzeniem na inne osobniki – wnikliwie przeanalizować wyniki uzyskane podczas ich wcześniejszej produkcji oraz skuteczność zestawienia recepturowego.

Logikę grupowania pojedynczych sortymentów w rodzinę wyjaśnia ogólnie schemat blokowy (rys. 2).

#### 4. Kreowanie rodziny betonów – metody transformacji

Ponieważ rodzina betonów zawiera na ogół osobniki różnicowane pod względem wytrzymałości,

aby udowodnić zgodność wg „Kryterium 1”, trzeba przetransformować pojedyncze wyniki badań na poziom tzw. betonu referencyjnego, zwanego też betonem odniesienia.

#### Beton referencyjny (*reference concrete* – ang., *Referenzbeton* – niem.)

Wyboru betonu referencyjnego dokonuje się alternatywnie:

– biorąc pod uwagę najczęściej produkowany asortyment betonu, albo

– selekcjonując środkowe pasmo klas wytrzymałości betonu w skali całej rodziny.

Przykładowy dobór betonu referencyjnego z nawiązaniem do wielkości i okresu produkcji przedstawiono w tabeli 3.

Jeżeli rodzina składa się z betonów tej samej klasy wytrzymałości oraz tej samej klasy ekspozycji środowiska, to transformacja na poziom betonu referencyjnego nie jest konieczna.

#### Wytrzymałość docelowa (*target mean strength* – ang., *Zielfestigkeit* – niem.)

Wytrzymałość docelowa to parametr obejmujący wszystkich członków rodziny betonów. Za wartość średnią nowego betonu uznaje się uśrednienie wyników z badania wstępnego. Pomocne mogą być długoletnie doświadczenia pozwalające na interpolację, ekstrapolację itp., a w konsekwencji – pozwalające uniknąć badań wstępnych. Natomiast wartość

Tabela 3. Przykład wyboru betonu referencyjnego

Przeznaczenie betonu	Kod receptury	Klasa wytrzymałości	Wielkość produkcji (m <sup>3</sup> )		
			wrzesień	październik	listopad
Ławy fundam.	0414300	C20/25	453	408	355
Ściany wewn.	0304213	C16/20	317	303	90
Płyty stropowe, słupy i belki	0415223	C20/25	984	1152	771
Mury oporowe	0444623	C25/30	630	611	470
Posadzki	0416103	C20/25	280	203	289
W-wy wyrówn.	0100300	C8/10	198	83	–
<b>R a z e m:</b>			<b>2862</b>	<b>2760</b>	<b>1975</b>



średnią dla betonu produkowanego wyznacza się biorąc pod uwagę wyniki ostatnich oznaczeń.

**4.1. Metody transformacji**

Przeliczenie wyniku badania wytrzymałości próbki danego sortymentu betonu na beton referencyjny przebiega wg jednej z metod transformacji, wybranej przez kontrolera – zgodnie z własnym uznaniem. Do dyspozycji ma on [5]:

- metodę współczynnika wytrzymałości na ściskanie,
- metodę różnicy wytrzymałości na ściskanie,
- metodę współczynnika w/c.

Dwie pierwsze z wymienionych metod są precyzyjniejsze, dają bardziej miarodajne wyniki, dlatego chętniej są wykorzystywane przez praktykę krajów „starej” Unii Europejskiej.

Przystępując do kompletowania rodziny betonów, kontroler musi najpierw sam zdecydować, na której metodzie transformacji będzie się opierał. Zmiana metody w trakcie postępowania kwalifikacyjnego z góry skazuje je na niepowodzenie, a audytorowi oceniającemu poprawność np. w ramach certyfikacji – przysparza argumentu na odrzucenie takiej aplikacji.

**4.1.1. Metoda współczynnika wytrzymałości na ściskanie**

Współczynnik wytrzymałości na ściskanie  $F_K$  określany jest dla każdego betonu wchodzącego w populację rodziny. Rozwiązuje się iloraz:

$$F_K = \frac{f_{cta,R}}{f_{cta,K}}$$

gdzie:  $K$  – nr – oznaczenie receptury (kod cyfrowy, w zakresie np. od 0000000 do 9999999);

$f_{cta,R}$  – wytrzymałość docelowa betonu referencyjnego (N/mm<sup>2</sup>);

$f_{cta,K}$  – wytrzymałość docelowa rozpatrywanego betonu (N/mm<sup>2</sup>) – według kodu receptury  $K$ .

Dla potrzeb kontroli zgodności, w świetle „Kryterium 1” (war-

tość średnia) przelicza się każdą oznaczoną wytrzymałość na ściskanie w obrębie rodziny betonów – na poziom wytrzymałości betonu referencyjnego (betonu odniesienia), korzystając z zależności:

$$f_{ci,trans} = f_{ci,K} \cdot F_K$$

gdzie:  $f_{ci,trans}$  – transformowana wytrzymałość na ściskanie (N/mm<sup>2</sup>) „ $i$ ”-tej próbki;

$f_{ci,K}$  – wytrzymałość na ściskanie (N/mm<sup>2</sup>) „ $i$ ”-tej próbki betonu, oznaczonego kodem receptury;  $i$  – numer kolejnej próbki, od 1 do  $n$ .

**4.1.2. Metoda różnicy wytrzymałości na ściskanie**

Wyznaczaniem różnicy wytrzymałości na ściskanie obejmuje się każdy asortyment betonu przynależny do rodziny – wg następującego równania:

$$\Delta_K = f_{cta,R} - f_{cta,K}$$

gdzie:  $\Delta_K$  – różnica wytrzymałości na ściskanie betonu oznaczonego kodem receptury  $K$  (N/mm<sup>2</sup>);

$K$  – nr – oznaczenie receptury (kod cyfrowy w zakresie np. od 000000 do 9999999);

$f_{cta,R}$  – wytrzymałość docelowa betonu referencyjnego (N/mm<sup>2</sup>);

$f_{cta,K}$  – wytrzymałość docelowa rozpatrywanego betonu (N/mm<sup>2</sup>) – wg kodu receptury  $K$ .

Dla zweryfikowania zgodności z nawiązaniem do „Kryterium 1” (wartość średnia), należy każdą uzyskaną wartość wytrzymałości z całej populacji rodziny betonów sprowadzić na poziom wytrzymałości na ściskanie betonu referencyjnego (betonu odniesienia), stosując wzór:

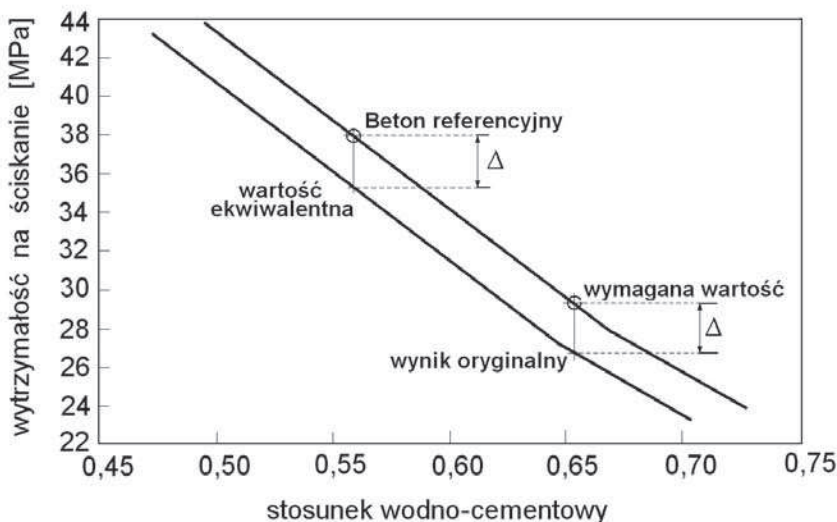
$$f_{ci,trans} = f_{ci,K} + \Delta_K$$

gdzie:  $f_{ci,trans}$  – transformowana wytrzymałość na ściskanie (N/mm<sup>2</sup>) „ $i$ ”-tej próbki;

$f_{ci,K}$  – wytrzymałość na ściskanie (N/mm<sup>2</sup>) „ $i$ ”-tej próbki betonu, oznaczonego kodem receptury  $K$ ;  $i$  – numer kolejnej próbki, od 1 do  $n$ .

**4.1.3. Metoda współczynnika w/c**

Metoda współczynnika w/c opiera się na upraszczającym założeniu, że wytrzymałość betonu na ściskanie zależy tylko od współczynnika w/c. Im bardziej skład betonu zakwalifikowanego do rodziny rozbudowany jest poza zestaw podstawowy, tzn. poza zestaw cementu, kruszywa i wody – tym gorsze rezultaty niesie ta metoda.



**Rys. 3.** Zależność między betonem wchodzącym w skład rodziny a betonem referencyjnym [5]

Wykorzystano tu relację między wytrzymałością  $f_{c,cyl}$  a wskaźnikiem  $w/c$ , wyznaczoną empirycznie na dużej populacji próbek, przy czym aproksymacji krzywej eksponencjalnej dokonano prostą łamaną, taką jak na rysunku 3.

Działanie sprowadza się – po pierwsze – do uchwycenia różnicy  $\Delta$  między dwiema wartościami współczynnika  $w/c$ , a mianowicie – między :

– wartością odpowiadającą wytrzymałości charakterystycznej betonu,

– wartością odpowiadającą wytrzymałości rzeczywistej, uzyskanej jako oryginalny wynik zbadania próbki,

po drugie – do wyznaczenia ekwiwalentnej wytrzymałości betonu referencyjnego, sumując wartość różnicy  $\Delta$  i wartość współczynnika  $w/c$ , odpowiadającego wytrzymałości charakterystycznej betonu referencyjnego.

## 5. Uwagi końcowe

Kojarzenie asortymentów betonu w rodziny, biorąc pod uwagę ich parametry wytrzymałościowe – empiryczne czy też wynikające z obliczeń pośrednich, jest korzystne z punktu widzenia statystyki. Czyni ocenę bardziej wiarygodną, obejmując większą populację wyników czerpanych z niezbyt odległej przeszłości. Wymaga jednak bardziej rozbudowanego warsztatu analitycznego i nakładu czasu, poświęconego jego opanowaniu. Atutem jest to, że po przyswojeniu metodyki i po uruchomieniu procedury oceny opartej na koncepcji rodziny betonów – najlepiej z wykorzystaniem techniki komputerowej i odpowiedniego *software'u* – postępowanie przechodzi w rutynę.

Wdrożenie formuły rodziny betonów do monitorowania zgodności ma, co ważne, swój wymiar ekonomiczny, bowiem niesie oszczędności z tytułu opróbowania produkcji. Czy korzyści będą większe czy mniejsze, zależy od warunków

brzegowych. Gdy mała liczba asortymentów betonu wytwarzana jest w dużych ilościach, wówczas wg prawdopodobieństwa, system kontroli zgodności z wykorzystaniem koncepcji rodziny betonów jest mniej efektywny niż systemy kontroli, prowadzonej dla każdego betonu z osobna. Wraz z przyrostem liczby receptur produkowanych przez daną wytwórnę, zastosowanie formuły rodziny betonów przynosi coraz lepsze rezultaty, a przy szczególnie wysokiej liczebności różnych asortymentów – jej aplikacja jest wręcz niezastąpiona. Innymi słowy – im większy zasób asortymentów betonu się wytwarza, tym efekt rodziny betonów jest bardziej wyraźny.

I tu można wskazać głównego beneficjenta rozwiązania; jest nim ulokowana w rejonie aktywnego rynku budowlanego nowoczesna wytwórnia betonu towarowego, która ilością produkowanych asortymentów betonu na ogół przewyższa zakład prefabrykacji betonowej czy fabrykę betonowej kostki brukowej.

Szczególnie opłacalne jest to w skali przedsiębiorstwa wielozakładowego, którego poszczególne wytwórnie korzystają z analogicznej bazy surowcowej.

Inna korzyść polega na tym, że przy tej samej ilości badań, ocena z zaangażowaniem koncepcji rodziny betonów wychwytuje szybciej istotne zmiany czy tendencje (w tym nieprawidłowości, błędy, odstępstwa itp.), aniżeli w przypadku rozpatrywania zgodności na bazie pojedynczego asortymentu betonu.

Ale nie wolno tracić z pola widzenia również i ryzyka niepowodzenia. Może się ono pojawić, gdy zaniedbane lub rozluźnione zostaną reguły formowania rodziny, czego pierwszym sygnałem jest zazwyczaj zwyżka wartości odchylenia standardowego transformowanych parametrów wytrzymałości. Kontynuacja może prowadzić do przekroczenia poniesionych kosztów w stosunku

do kosztów oceny zgodności tylko wg „Kryterium 1” i „Kryterium 2”, a więc bez grupowania asortymentów towarowych betonu w rodziny.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Betontechnische Daten „Beton nach DIN EN 206” (opracowanie zbiorowe). Poradnik Spółki „Heidelberger Zement”, Januar 2001
- [2] Böing R.: Transportbeton nach DIN EN 206-1 – Teil 3: Produktions- und Konformitätskontrolle im Transportbetonwerk und auf der Baustelle. Beton, 7/2001, s. 364–371
- [3] Brunarski L., Kryteria zgodności wg PN-EN 206-1:2003. Materiały szkoleniowe „Beton w praktyce”, Wyd.: Polski Cement Sp. z o.o., Kraków 2003, s. 1–11
- [4] Brunarski L., Nowe normowe kryteria zgodności wytrzymałości betonu. Budownictwo-Technologie-Architektura, nr 2(26)/2004, s. 28–30
- [5] CEN Bericht: CR 13901 Anwendung des Prinzips von Betonfamilien auf die Produktions- und Konformitätskontrolle von Beton. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel – May 2000
- [6] DIN 1045-2: 2001 „Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 2: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität. Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1”
- [7] EN 206-1:2000 „Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity” (angielska wersja językowa) „Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität” (niemiecka wersja językowa)
- [8] Harrison T. A., From concrete families to conformity rules. ERMCO Congress “Concrete Moves”, Berlin 2001
- [9] Kohutek Z., Ocena zgodności właściwości betonu oraz kontrola jego wytwarzania w świetle europejskiej normy EN 206-1 – część I: kontrola zgodności. Cement-Wapno-Beton, nr 1/2002, s. 28–32
- [10] Novak J., Evropské normy pro výrobu betonu a pro provádění betonových konstrukcí převzaté do ČSN. Konference „Beton 2001” (Štrbské Pleso, 4–6.10.2001.), s. 21–34
- [11] PN-EN 206-1:2003 „Beton – cz. 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”
- [12] Woliński S., Ocena jakości betonu metodami normowymi i według logiki rozmytej. Konferencja „Dni Betonu” (Wista, 9–11.10.2006.), Wyd. Polski Cement Sp. z o.o. & SPC, Kraków 2006, s. 1121–1131